การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในการวัดค่า Q ของวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน
The Application of Microcontroller for the Q Measurementation of Band Pass Filter

นิติพันธ์ คุณประเสริฐ[1*] ธีระพล พุฒซ้อน[2] อภิลักษณ์ อินบาง[3] ฐิติพันธุ์ แจ่มจันทร์[4]

[1]อาจารย์ [2,3,4]นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ 10800

บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้กล่าวถึงการออกแบบ การสร้าง และพัฒนาโครงงานเครื่องวัดค่า ตัวประกอบคุณภาพและค่าช่วงความถี่ผ่าน ของวงจรกรองความถี่ แบบกรองแถบความถี่ผ่าน จากความต้องการใช้วงจรกรองความถี่ในระบบสื่อสารในการออกแบบวงจร กรองความถี่แบบกรองผ่านแถบความถี่ จำเป็นจะต้องมีเครื่องมือที่ใช้วัดค่าความถี่คัตออฟ ณ ตำแหน่งที่ขอบขาขึ้นและขอบขาลง เพื่อนำมาคำนวณหาค่า ช่วงความถี่ผ่าน และค่าตัวประกอบคุณภาพ ของวงจรกรองความถี่ แบบกรองผ่านแถบความถี่ โดยโครงงานนี้สามารถวัดค่าตัวประกอบคุณภาพและช่วงความถี่ผ่านแสดงผลออกทางหน้าจอ

Abstract

This project deals with the application of microcontroller used for measuring the Q-factor of band pass filter. The procedure starts from the design, creation, and improvement of Q-factor and bandwidth of the filter. Solving the circuit filter frequency requirement, the band must pass the filter. An instrument is necessary in the design of filtered frequency that shows the cut off at the rise edge and down edge, searching the bandwidth and Q-factor of the filter. Finally, the monitor will show all the values of every detail.

คำสำคัญ : วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน

Keywords : Bandpass Filter

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ thitiphan@hotmail.com โทร. 089-884-8677

1. บทนำ

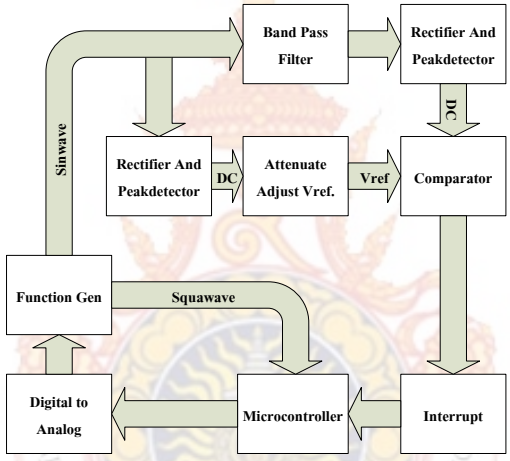
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในการทดลองวงจรของเครื่องส่งและเครื่องรับสัญญาณในระบบสื่อสาร สิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญมากคือความถี่ของสัญญาณและเครื่องมือที่สามารถเลือกความถี่ให้ได้ตามต้องการ คือเครื่องกรองความถี่(Fillter Instrument) โดยปัจจุบันนี้จะพบว่าเครื่องกรองความถี่ยังมีใช้อยู่น้อย จะพบก็ในห้องปฏิบัติการด้านการสื่อสารที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งเครื่องกรองความถี่เหล่านี้ มีย่านของการกรองความถี่ที่แคบและไม่สามารถปรับค่า Q-factor หรือการปรับความถี่คัตออฟ

2. วิธีการทดลอง

2.1 วงจรที่ใช้ในการออกแบบ

การออกแบบวงจรนั้นจะมีไมโครคอลโทรลเลอร์ทำงานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยไมโครคอลโทรลเลอร์ทำการจะส่งสัญญาณนาฬิกาตั้งแต่เลข 0-4095 ไปยังขา SCK ของไอซี MCP4921หลังจากนั้นจะรับสัญญาณอินเตอร์รัพจากวงจร Comparator ที่เกิดจากความถี่คัตออฟ (f_L และ f_H) เพื่อหยุดและทำการวัดความถี่คัตออฟ (f_L และ f_H) จากสัญญาณ Squae Wave ที่ส่งมาจากวงจร Function Generator โดยมีบล็อก ไดอะแกรม แสดงดังรูปที่ 1



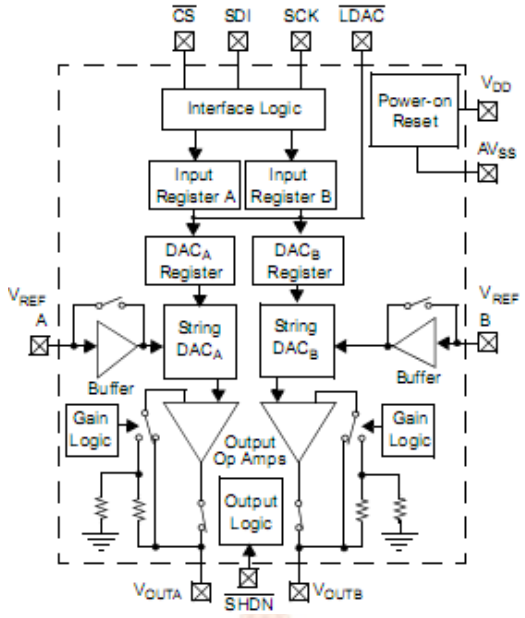
รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมในการออกแบบวงจร

2.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก

ไอซี MCP4921 จะทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก โดยรับสัญญาณนาฬิกาตั้งแต่เลข 0-4095 จากไมโครคอลโทรลเลอร์ และมีแรงดันอ้างอิงขนาด 5 โวลต์ ทำให้ได้ แรงดันที่ 1 LSB ตามสมการดังนี้

$$V_{OUT} = V_{REF} G \frac{D}{2^{12}}$$

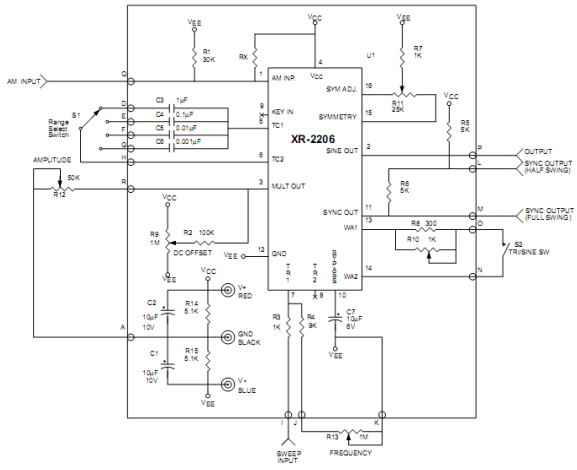
เลขดิจิตอลที่ออกมามีค่าตั้งแต่ 0-5 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของ ไอซี MCP4921

2.2 วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ Sine Wave และ Squae Wave (Funtion Generator)

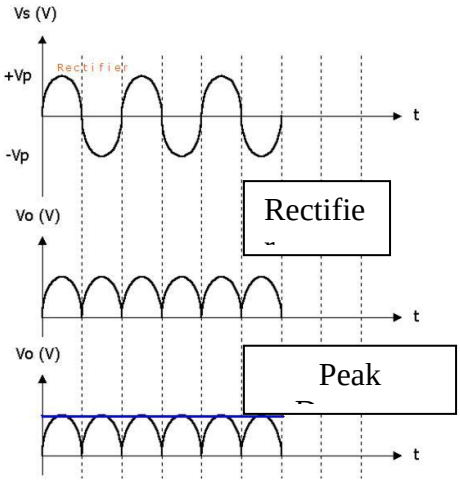
วงจร Funtion Generator โดยใช้ IC เบอร์ XR-2206ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณความถี่ Sine Wave และ Squae Wave ตั้งแต่ 100 Hz ถึง 10kHz ซึ่งได้รับแรงดัน Vout ขนาด 0-5 โวลต์ที่ออกจาก ไอซี MCP4921 ในการเปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณความถี่และทำการปรับแอมพลิจูดของสัญญาณความถี่ได้ที่ R14 แสดงดังรูปที่ 3



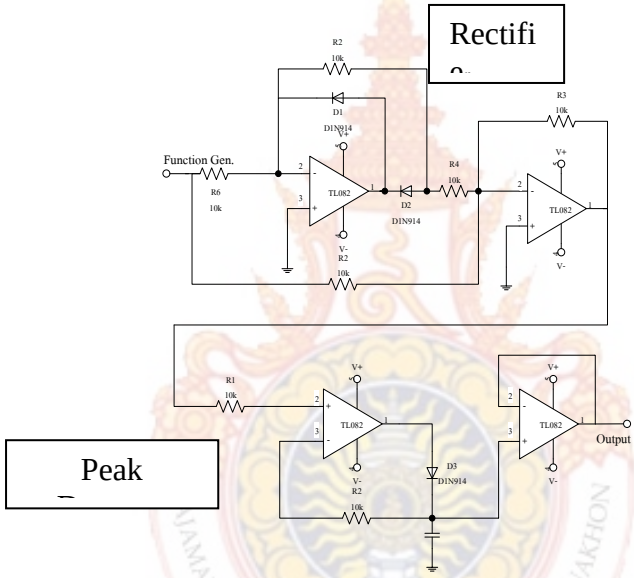
รูปที่ 3 วงจรภายในของ Function Generator

2.3 วงจร Rectifier และ Peak Detector

วงจร Rectifier และ Peak Detector จะใช้ไอซี TL082 ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง โดยรักษาระดับยอดแรงดันเท่าเดิม แสดงดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5



รูปที่ 4 การทำงานของ Rectifier และ Peak Detector



รูปที่ 5 วงจร Rectifier และ Peak Detector

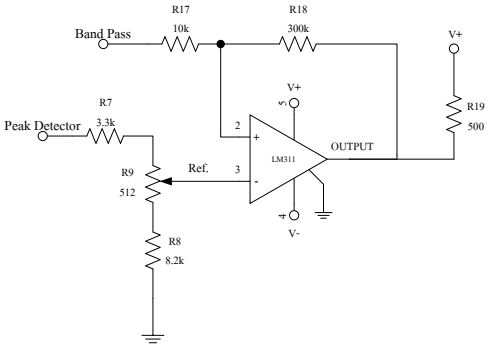
2.4 วงจรลดทอน (Attenuate Adjust Vref)

เป็นการนำความต้านทานปรับค่าได้แบบ ทริมพอท (Trim pot) ขนาด 10 k มาทำเป็นค่า Reference ของการเปรียบเทียบจุดคัตออฟ โดยจะต้องนำความต้านทานปรับค่าได้นั้นมาทำการป้อนไฟ DC ขนาด 10 โวลต์ แล้วทำการปรับให้แรงดันที่ตกคร่อมขากลางและขา Reference ด้านในด้านหนึ่งออกมาเท่ากับ 0.707 โวลต์

2.5 วงจรเปรียบเทียบ (Comparator)

วงจร Comparator ใช้ IC เบอร์ 311 ทำหน้าที่เปรียบเทียบระดับแรงดันระหว่างแรงดัน Reference ที่มีค่าเท่ากับ 0.707 Vpeak ของระดับยอดแรงดันที่เกิดจากวงจร Function Generator กับสัญญาณความถี่ที่ผ่านชุด Band pass filter ที่มีการรักษาระดับยอดแรงดันแล้ว

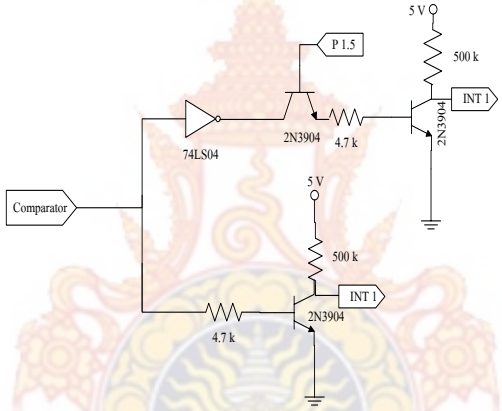
เมื่อวงจร Comparator ตรวจพบว่าแรงดันที่เกิดจาก Band pass filter นั้นมีค่าตรงกับแรงดัน Reference วงจรจะทำการส่งค่าลอจิก 1 ไปยังชุดอินเตอร์รัปต์ต่อไป แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 วงจร Comparator

2.6 วงจรสร้างสัญญาณอินเตอร์รัพต์ (Interrupt)

วงจรสร้างสัญญาณอินเตอร์รัพต์ ทำหน้าที่รับสัญญาณลอจิก 1 มาจากวงจร Comparator และทำให้เกิดลอจิก 0, 1 ในระดับแรงดัน 0, 5 โวลต์ ส่งต่อไปยังชุด อินเตอร์รัพต์ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 วงจรสร้างสัญญาณอินเตอร์รัพต์

2.7 หลักการทำงาน

1. Function Gen ทำการปรับความถี่โดยเริ่มต้นที่ 100 Hz จนถึง 10 kHz Micro- Controller จะส่งข้อมูล เพื่อสั่ง Function Gen ให้ปรับความถี่โดยส่งข้อมูลผ่าน ภาค D/A เพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าที่ Function Gen มีผลทำให้ความถี่ที่ Function Gen เปลี่ยน

2. ในการวัด จุด Cut off ทั้งขึ้นและขาลง จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนสัญญาณ จากไฟฟ้ากระแสตรง โดยที่ค่า Amplitude ต้องเท่าเดิม เพื่อนำมาเปรียบเทียบ ที่วงจรComparator จึงต้องใช้วงจร Rectifier กับวงจร Peak Detector ร่วมกันเพื่อแก้ปัญหา Amplitude ไม่เท่ากับสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ โดยจะนำสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงมาทำการเปรียบเทียบ 2 ส่วน คือ ส่วน Reference จะผ่านวงจร Atten เพื่อทำการปรับลดให้ได้ 0.707 Vpeak โดยจะอยู่หลังวงจร Band Pass Filter เพื่อนำมาเข้า วงจร Comparator

3. ในด้านของวงจร อินเตอร์รัปต์ จะรับสัญญาณระดับ 0-5 V จาก Comparator ซึ่งจะเป็น 5V เมื่อเจอจุด Cut off ที่ขอบขาขึ้น ของ Band Pass Filter ไปจนกระทั่งเป็น 0V เมื่อเจอจุด Cut off ที่ขอบขาลง โดยชุดอินเตอร์รัปต์ มีหน้าที่สั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้หยุดเปลี่ยนความถี่และนับสัญญาณความถี่ ณ จุด Cut off

2.8 ส่วนประกอบเครื่องวัดค่า Q สำหรับ Band Pass Filter

1. เครื่องวัดค่า Q สำหรับ Band Pass Filter ซึ่งภายในประกอบไปด้วย วงจรDigital to Analog วงจร Sweep Function Generator ,วงจร Rectifier และวงจร Peak Predictor

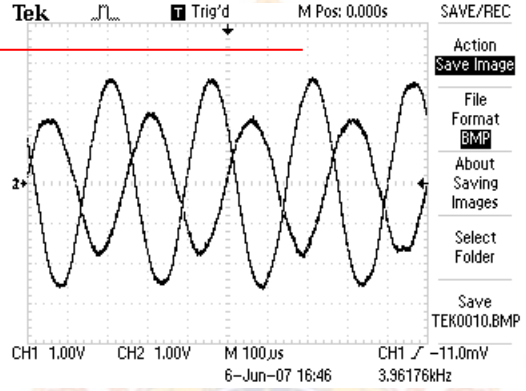
2. สายสัญญาณ เป็นสายที่ทำเพื่อต่อระหว่างชุด Band Pass Filter กับ เครื่องวัดค่า Q สำหรับBand Pass Filter

3. โปรแกรมใช้งาน ซึ่งเขียนมาจากภาษาซีต้องทำการแปลงดิจิตอลให้เป็นอนาล็อกเพื่อสั่งการให้ Sweep Function Generator ทำงานหยุดและประมวลผลออกมา

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

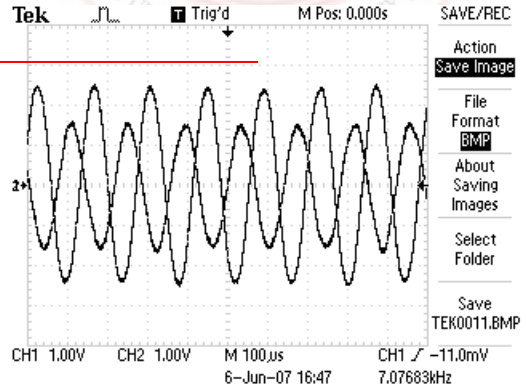
ผลการวัดเพื่อหาค่า Q โดยใช้ Band Pass

จุดที่เกิดความถี่คัตออฟ f_L ที่ความถี่ 3.96 kHz



รูปที่ 8 ลักษณะจุด f_L

จุดที่เกิดความถี่คัตออฟ f_H ที่ความถี่ 7.07 kHz



รูปที่ 9 ลักษณะจุด f_H

จากรูปที่ 8 และรูปที่ 9 เปรียบเทียบลูกคลื่นความถี่ที่ผ่านวงจร Band pass filter กับ ลูกคลื่นความถี่ที่ยังไม่ได้ผ่านวงจร Band pass filter

จะเห็นได้ว่าเมื่อความถี่ที่ผ่านวงจร Band pass filter นั้น ค่าแอมพลิจูดจะค่อยๆเพิ่มขึ้นตามความถี่ที่เปลี่ยนแปลง เมื่อถึงจุด Cut off ที่ขอบขาขึ้น ของ Band Pass Filter วงจรจะหยุดทำงานสักพัก ไมโครคอลโทรลเลอร์ทำการบันทึกค่าและทำงานต่อแอมพลิจูดจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนเท่ากับแอมพลิจูดของความถี่ที่ยังไม่ผ่านวงจร Band pass filter หลังจากนั้น แอมพลิจูดจะค่อยๆลดลง จนกระทั่งถึงจุด Cut off ที่ขอบขาลงของ Band Pass Filter วงจรจะหยุดทำงานสักพักเพื่อทำการบันทึกค่าและจะประมวลผลพร้อมแสดงผลออกมาทางหน้าจอ LCD

ตารางที่ 1 ผลการวัดและทดสอบเพื่อหาค่า Qโดยใช้ Band Pass

ค่าที่วัดได้จาก Oscilloscope *	ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดค่า Q (Hz)				
	1	2	3	4	5
$f_L \cong$ 4000 Hz	4058 Hz	4045 Hz	4116 Hz	4070 Hz	4016 Hz
$f_H \cong$ 7100 Hz	7265 Hz	7192 Hz	7303 Hz	7315 Hz	7255 Hz
$f_r =$ 5329.165 Hz	5429.675 Hz	5393.667 Hz	5482.623 Hz	5456.377 Hz	5397.705 Hz
B = 3100 Hz	3207 Hz	3147 Hz	3187 Hz	3245 Hz	3239 Hz
Q = 1.719	1.693	1.714	1.72	1.681	1.666
% ERROR ของ Q	1.51%	0.29%	0.06%	2.21%	3.08%

โครงงานนี้เป็นการนำความรู้ทางทฤษฎีด้านอิเล็กทรอนิกส์ และด้านออปแอมป์นำมาสร้างเครื่องมือวัดใช้งานจริง เป็นการสร้างเครื่องมือวัดความถี่ชนิด Band Pass Filter ที่มีความถี่ในช่วงประมาณ 100 Hz ถึง 10kHz สามารถที่จะคำนวณค่า f_L(cut offlowfrequency), f_H(cut off high frequency), f_r (resonant frequency), B(bandwidth) และ Q(quality factor) ของ Band Pass Filter ที่นำมาวัดได้ตามลำดับ

4. เอกสารอ้างอิง

วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์. 2545. **ออปแอมป์และการประมวลผลสัญญาณอนาลอก.**กรุงเทพฯ: ว.เพ็ชรสกุล.

ค็อฟลิน โรเบิร์ต เอฟ. 2536. **การใช้งานออปแอมป์และลิเนียร์**; เรียบเรียงโดย วิโรจน์ อัศวรังสี, ชัชวาลย์ เต็มฤทธิวงศ์ และกรชุลี ใช้สถิตย์กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สุจินต์ วัฒนพิทักษ์พงศ์และสุรชัย จันทร์ฉาย. มปป.. ทฤษฎีและปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สันฐิติ พุ่มกุมาร, กิตติวัฒน์ โตงามและโสมนัส บุตรสามบ่อ.2541.**เครื่องตรวจสอบสภาพแวดล้อม**.ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.